

FACULTÉ DE MÉDECINE 1^È PARIS

ANNEE 1937

THÈSE

N°

828

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PRÉSENTÉE PAR

Jean CARLE

Né le 29 Juin 1910, à CHAMBÉRY (Savoie)

VARIATIONS DES RÉACTIONS PSYCHOMOTRICES
EN FONCTION DE L'ALTITUDE
DE LA PRESSION BAROMÉTRIQUE
ET DE LA TENSION PARTIELLE DE L'OXYGÈNE
DANS L'AIR INSPIRÉ

Président : M. Léon BINET, professeur

PARIS

LIBRAIRIE LOUIS ARNETTE

2, RUE CASIMIR-DELAVIGNE, 2

—
1937

FACULTÉ DE MÉDECINE 1^E PARIS

ANNÉE 1937

THÈSE

N^o

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PRÉSENTÉE PAR

Jean CARLE

Né le 29 Juin 1910, à CHAMBÉRY (Savoie)

VARIATIONS DES RÉACTIONS PSYCHOMOTRICES
EN FONCTION DE L'ALTITUDE
DE LA PRESSION BAROMÉTRIQUE
ET DE LA TENSION PARTIELLE DE L'OXYGÈNE
DANS L'AIR INSPIRÉ

Président : M. Léon BINET, professeur

PARIS

LIBRAIRIE LOUIS ARNETTE

2, RUE CASIMIR-DELAVIGNE, 2

—
1937

Doyen

G. ROUSSY.

I. — Professeurs

Anatomie	MM.
Physiologie	ROUVIERE.
Physique médicale	Léon BINET.
Chimie médicale	STROHL.
Bactériologie	POLONOVSKI.
Parasitologie et histoire naturelle médicale	Robert DEBRE.
Pathologie médicale et générale	BRUMPT.
Pathologie médicale	BAUDOUIN.
Pathologie chirurgicale	ABRAMI.
Anatomie pathologique	CHEVASSU.
Histologie	ROUSSY.
Pharmacologie et matière médicale	CHAMPY.
Thérapeutique	TIFFENEAU.
Hygiène et médecine préventive	HARVIER.
Médecine légale	TANON.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	BALTHAZARD.
	LAIGNEL- LAVASTINE.
Pathologie expérimentale et comparée	FIESSINGER.
Hydrologie thérapeutique et climatologie	CHIRAY.
	LOEPER.
Clinique médicale	CARNOT.
	Marcel LABBE.
	CLERC.
Hygiène et clinique de la première enfance	LEREBoullet.
Clinique des maladies des enfants	NOBECOURT.
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale	H. CLAUDE.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	GOUGEROT.
Clinique des maladies du système nerveux	GUILLAIN.
Clinique des maladies infectieuses	LEMIERRE.
	CUNEO.
Clinique chirurgicale	GOSSET.
	GREGOIRE.
Clinique ophtalmologique	LENORMANT.
Clinique urologique	TERRIEN.
	MARION.
Clinique d'accouchements	LEVY-SOLAL.
	COUVELAIRE.
Clinique gynécologique	JEANNIN.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	MOCQUOT.
Clinique thérapeutique médicale	OMBREDANNE.
Clinique oto-rhino-laryngologique	RATHERY.
Clinique thérapeutique chirurgicale	LEMAITRE.
Clinique propédeutique	Pierre DUVAL.
Clinique de la Tuberculose	VILLARET.
Clinique chirurgicale orthopédique de l'adulte	BEZANÇON.
Clinique cardiologie	MATHIEU.
	LAUBRY.
Professeurs sans chaire	HOVELACQUE.
	MULON.
	OLIVIER.
	VERNE.

II. — Agrégés en exercice

MM.		MM.
AMELINE	Pathologie chirurgicale.	DE GAUDART
BARIETY	Pathologie médicale.	DE D'ALLAINES
BENARD Henri.	Pathologie médicale.	DE GENNES ...
BERNARD J.	Pathologie médicale.	GAYET
BESANÇON (J.).	Hydrologie.	GIROUD
BOULIN	Pathologie médicale.	HAGUENAU
BULLIARD	Histologie.	HALPHEN
CATHALA	Pathologie médicale.	HAZARD
COSTE	Pathologie médicale.	HUGUENIN
FEY	Pathologie médicale.	JOANNON
DOGNON	Physique.	LACOMME
FUNCK	Urologie.	LANTUEJOUL
BRENTANO		LAROCHE Guy.
GASTINEL	Pathologie chirurgicale.	LELONG
GAILLARD	Parasitologie.	
CHEVALLIER .	Bactériologie.	



MM.	
LEMAIRE	Pathologie expérimentale.
LEVEUF	Pathologie chirurgicale.
LEVY (M ^{lle} J.)	Pharmacologie.
LEVY-VALENSI.	Neurologie et Psychiatrie.
MENEGAUX	Pathologie chirurgicale.
MOLLARET	Pathologie médicale.
MOREAU	Pathologie médicale.
MOULONGUET.	Pathologie chirurgicale.
MOUQUIN	Pathologie médicale.
OBERLING	Anatomie pathologique.
PETIT-	
DUTAILLIS	Pathologie chirurgicale.

MM.	
PIEDELIEVRE..	Médecine légale.
PORTES	Obstétrique.
RENARD (L.) ..	Ophthalmologie.
RICHET	Physiologie.
SANNIE	Chimie biologique.
SENEQUE	Pathologie chirurgicale.
TROISIER	Pathologie expérimentale.
TURPIN	Pathologie médicale.
VIGNES	Obstétrique.
WILMOTH	Pathologie chirurgicale.

III. — Agrégés rappelés à l'exercice pour le service des examens

MM.	
ALGLAVE	Pathologie chirurgicale.
BUSQUET	Pharmacologie.
CHAILLEY-	
BERT	Physiologie.
GUENIOT	Obstétrique.

MM.	
LARDENNOIS ..	Pathologie chirurgicale.
LEROUX	Anatomie pathologique.
NEVEU-	
LEMAIRE	Parasitologie.
PHILIBERT ...	Bactériologie.
VAUDESCAL ...	Obstétrique.

IV. — Agrégés chargés de cours de clinique annexe à titre permanent

MM.	
ALAJOUANINE..	} Clinique médicale.
AUBERTIN	
FRULE	
CHABROL	
DONZELOT ...	
DUVOIR	
LIAN	
PASTEUR	
VALLERY-	
RADOT	
SEZARY	

MM.	
BASSET	} Clinique chirurgicale
BROCO	
CADENAT	
GATELLIER	
HEITZ-BOYER ..	
MOURE	
QUENU	
SCHWARTZ ...	
VELTER	
ECALLE	} Clinique obstétricale
LE LORIER ...	
METZGER	

V. — Chargés de cours

MM.	
CHAILLET-BERT, agrégé	Education physique.
LEDoux-LEBARD	Radiologie clinique.
PHILIBERT, agrégé	Microbiologie.
RUPPE	Stomatologie.
WEIL-HALLE	Puériculture.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A MA MERE

*A qui je dois ce que je suis et ce
que je serai.*

A MON PERE

*En témoignage de ma profonde af-
fection.*

A MA FEMME

A MES BEAUX-PARENTS

A Monsieur le Professeur LÉON BINET
Professeur de Physiologie à la Faculté de Médecine

*Qui m'a fait le très grand honneur
d'accepter la présidence de cette
thèse. Respectueusement.*

A mon Maître, Monsieur le Docteur GARRELON

Chef des Travaux de Physiologie à la Faculté
de Médecine

*Qui a inspiré cette thèse et m'a
guidé de ses conseils depuis si long-
temps. Qu'il veuille bien trouver ici
l'expression de ma respectueuse et
très reconnaissante affection.*

A Monsieur le Professeur PAUL SAVY

Professeur de Clinique Médicale à l'Université de Lyon

*Mon premier Maître, en souvenir
de l'accueil qu'il a bien voulu me ré-
server dans son service au début de
mes études. Très respectueusement.*

A mon Maître

Monsieur le Professeur MAURICE VILLARET

Professeur de Clinique Propédeutique à la Faculté
de Médecine de Paris

*Qui m'a sans cesse manifesté une
active bienveillance.*

*Hommage de respectueuse recon-
naissance et de fidèle attachement.*

A mon Maître

Monsieur le Docteur LUCIEN DE GENNES

Professeur Agrégé à la Faculté de Médecine
Médecin de l'Hôpital Tenon

*Qui m'a honoré de son amitié.
En témoignage de ma très sincère
et très grande affection.*

A MES MAITRES DANS LES HOPITAUX DE LYON

M. le Professeur GASTON COTTE, 1929.

M. le Professeur PAUL SAVY, 1929.

A MES MAITRES DANS LES HOPITAUX DE PARIS

M. le Professeur LENORMANT, 1930.

M. le Docteur SAINTON, 1931.

M. le Docteur DEBRAY, 1931.

M. le Professeur VILLARET, 1932.

M. le Docteur DE GENNES, 1933.

M. le Docteur VIGNES, 1934.

M. le Docteur TOURAINE, 1934.

M. le Docteur LARDENNOIS, 1935.

M. le Docteur LOUIS RAMOND, 1935-1936.

A Monsieur le Médecin Général BEYNE
Inspecteur Général des Services Médico-Physiologiques
de l'Armée de l'Air

A Monsieur le Médecin Commandant BERGERET
Chef du Laboratoire des Recherches Médico-Physiologiques
de l'Armée de l'Air

*Qui a bien voulu m'aider dans la
conduite de mes expériences.*

A Messieurs les Docteurs
CELICE, JUSTIN BESANÇON, MAURER et WELTI
Médecins et Chirurgiens des Hôpitaux

A mon Ami le Docteur MICHEL ALBEAUX-FERNET
Médecin-Assistant de l'Hôpital Necker

A mes Camarades
de l'Expédition française à l'Himalaya
et de l'Ecole Militaire de Haute-Montagne
de Chamonix

*Qui m'ont aidé avec tant de spon-
tanéité.*

Ce travail est dédié à la mémoire
du Docteur HANS HARTMANN
Membre de l'Expédition Allemande au Nanga-Parbat
Mort en Himalaya le 14 juin 1937

INTRODUCTION

Jusqu'en 1937, l'étude des réactions Psycho-Motrices avait bénéficié des travaux de nombreux auteurs. Les uns s'étaient attachés à leur mesure proprement dite et aux modifications qu'elles présentaient au cours d'une même série de mesures ; d'autres s'étaient attachés à leurs variations en fonction de la fatigue ; d'autres encore avaient envisagé l'intérêt qu'elles présentent comme moyen d'examen spécial de l'aptitude des pilotes aviateurs.

Choisi au début de l'année 1936 comme membre et comme médecin de la première expédition française à l'Himalaya, il se trouva que nous cherchions vers quel but orienter les recherches que nous nous propositions d'entreprendre pendant le séjour que l'Expédition devait faire en haute altitude à son camp de base.

Nous devons à notre maître, M. le Docteur GARRE-LON, chef des Travaux de Physiologie à la Faculté de Médecine, le sujet de ce travail qui s'attache à préciser les variations des réactions psycho-motrices en fonction de l'altitude.

Le 29 février 1936, l'Expédition comprenant dix al-

pinistes français s'embarquait pour l'Inde, atteignait Bombay le 10 mars, puis son point de départ réel : Srinagar, capitale du Kashmir (1.700 m. d'altitude), où elle se trouvait rassemblée dans la première semaine d'avril. Après de longs préparatifs, le 17 avril, nous prenions la piste du Karakoram, massif montagneux situé à l'extrémité Nord-Ouest de la chaîne himalayenne, ; ce fut dès lors une longue marche tant à pied qu'à cheval à travers les vallées du Kashmir, par les cols enneigés qui défendent l'abord des rives de l'Indus supérieur. Le 21 mai, nous prenions pied sur le glacier de Baltoro, long de près de 50 kilomètres.

Après avoir remonté jusqu'à son bassin supérieur, l'Expédition amenant à pied d'œuvre 16 tonnes de matériel grâce à plus de 500 porteurs, installa son camp de base à 5.000 m. d'altitude.

Au-dessus du camp, le Hidden Peak (8.068 m.), objectif de l'Expédition, dressait ses 3.000 mètres de paroi. On concevra que les conditions de vie et de travail sous des tentes, à 15° au-dessous de zéro après le coucher du soleil et à 40° au-dessus dans la journée, aient été quelque peu précaires. Quoi qu'il en soit, plusieurs séries de mesures furent effectuées grâce à la bonne humeur et au dévouement de nos camarades qui constituèrent nos sujets d'expérience.

Les destinées de l'Expédition, chassée par l'arrivée prématurée de la mousson, alors que moins de huit jours d'effort nous séparaient du sommet, la lutte admirable de mes camarades des cordées d'assaut sur

Désireux de contrôler les résultats obtenus en Himalaya, nous avons, au cours de l'été 1937, effectué de nouvelles mesures à l'Observatoire Vallot, à 4.362 mètres sur le Mont-Blanc. Pour cette série d'expériences, les sujets ont été de jeunes chasseurs alpins en stage à l'Ecole Militaire de Haute-Montagne de Chamonix, parmi lesquels d'ailleurs se trouvaient figurer deux membres de l'Expédition française en Himalaya.

Nous avons ensuite été présenté à M. le Médecin Général BEYNE, Inspecteur des Services médico-physiologiques de l'Armée de l'Air. Nous tenions en effet à lui demander conseil, sachant sa profonde expérience de toutes les questions qui se rapportent à l'étude des réactions psycho-motrices.

Il voulut bien s'intéresser à nos recherches et approuva notre intention de comparer nos résultats avec ceux que l'on pourrait obtenir par des mesures effectuées sur les mêmes sujets en caisson à dépression et sur ces sujets respirant une atmosphère composée correspondant à l'altitude étudiée.

Il nous fut infiniment utile de pouvoir disposer de l'installation du Laboratoire des Recherches médico-physiologiques de l'Armée de l'Air au Val-de-Grâce où furent faites les dernières expériences sous la direction bienveillante de M. le Médecin Commandant BERGERET, Chef du Laboratoire.

HISTORIQUE

Nul ne saurait s'engager dans un travail comme le nôtre sans avoir connaissance des travaux successifs qui ont mis définitivement au point l'étude des réactions psycho-motrices proprement dites.

Bien avant la guerre, elles avaient été étudiées par G.-O. BERGER (1886), WALLER (1895), HAAS (1905), puis par PIERON, Victor HENRY, LARGUIER DES BANCELS.

En 1908, LAHY, comprenant l'intérêt pratique qu'elle pouvait présenter, établit une méthode d'examen qui devait permettre de sélectionner les candidats conducteurs de tramway.

Pendant la guerre, Jean CAMUS et H. NEPPER, perfectionnant cette méthode, l'appliquèrent à la sélection des pilotes aviateurs, cependant que GEMELLI, GRADENIGO et HERLITZKA en Italie, STRATTON et FLACK en Angleterre, orientaient leurs recherches dans le même ordre d'idée.

Dès 1918, nous trouvons avec la thèse de M. le Professeur Léon BINET une mise au point remarquable des rapports existant entre l'intensité des réactions émotives et la durée des réactions psycho-motrices (Léon BINET: « Recherches sur le tremblement », *Thèse Paris*, 1918).

J. BEYNE et P. BÉHAGUE, peu de temps après, en de nombreuses communications, présentent une critique des méthodes antérieures, établissent un nouvel appareil de mesure, définissent de façon nette la technique d'expérimentation et l'interprétation qu'on devait donner aux résultats.

Une période assez longue s'écoula avant que parut la thèse de C. GONNET, dont le sujet : « Réactions psycho-motrices et Fatigue » (*Thèse Paris*, 1929), traitait un autre aspect de la question.

Ces dernières années, quelques auteurs étrangers, au premier rang desquels nous citerons l'Américain Ross. Mac FARLAND, ont publié des études extrêmement intéressantes sur la psycho-physiologie de haute altitude. L'un d'eux, parmi les plus éminents, le Docteur HARTMANN, vient de trouver la mort au Nanga-Parbat. Tous les membres de l'Expédition française se sont inclinés devant sa mémoire et celle de ses sept compagnons, membres de l'Expédition allemande en Himalaya, ensevelis ensemble par une avalanche le 14 juin 1937.

Réactions psycho-motrices

Instrumentation

Technique

Au cours des pages qui vont suivre, laissant de côté l'étude des réactions elles-mêmes, nous nous attachons à préciser les modifications qu'elles subissent en fonction de l'altitude de la pression barométrique et de la tension de l'oxygène dans l'air inspiré.

Il nous paraît toutefois nécessaire de donner une définition des réactions telle que l'ont mise au point les travaux antérieurs et les chiffres obtenus. Pour les auteurs qui ont établi cette définition sans utiliser la méthode graphique, le temps de réaction est celui qui s'écoule entre l'instant précis où le sujet perçoit une excitation d'ordre auditif, visuel ou tactile, et l'instant où il répond à cette excitation par un mouvement.

Mais, comme le dit GONNET :

« Etant, de plus, somme de deux facteurs, l'un
« psychique (durée de la perception), l'autre neuro-
« moteur (durée du mouvement), la notion générale
« du temps de réaction se décomposera en deux ca-
« tégories secondaires : 1° Réactions psychomotrices
« simples ; 2° Réactions de choix. »

Les réactions psychomotrices simples permettent de mesurer la vitesse neuromusculaire pure — ou du moins s'efforcent de le faire — et, dans ce cas, le temps de réaction ne figure que la somme du temps nécessaire à la perception d'une excitation sensorielle simple auquel s'ajoute le temps nécessaire à l'exécution d'un mouvement simple, qui constitue la réponse.

Les réactions « de choix » ou « de discrimination » permettent la mesure d'un élément nouveau. En effet, à l'acte psychique simple vient s'en ajouter un plus complexe ; au temps nécessaire à la perception de l'excitation sensorielle s'ajoutera le temps nécessaire au contrôle, à l'homologation du fait que cette excitation est bien celle à laquelle il faut répondre, d'autre part, dans la réponse, le temps nécessaire à l'exécution du mouvement se double du temps nécessaire au choix du mouvement précis qui doit répondre à l'excitation perçue.

Ainsi, une réaction psychomotrice simple exprimera le temps nécessaire à la perception, plus le temps nécessaire à la réponse, alors qu'une réaction de choix exprimera : le temps nécessaire à la perception, plus le temps de son homologation auquel s'ajoutent le temps nécessaire au choix du mouvement de réponse, plus le temps nécessaire à l'exécution de ce mouvement.

Pour illustrer cette différence, nous supposerons un appareil dans lequel l'excitation sensorielle est fournie par l'allumage d'une lampe, et la réponse

par la pression sur un bouton. Le temps écoulé entre l'allumage de la lampe et l'extinction par le sujet, mesurable grâce à un chronomètre déclenché et arrêté automatiquement par ce mécanisme, donnera la durée de réaction simple.

Supposons maintenant qu'au lieu d'une seule lampe, il y en ait trois : une blanche, une bleue et une rouge ; qu'au lieu d'un seul bouton de réponse on en ait trois de couleurs différentes, vert, noir et jaune ; en priant le sujet de ne répondre à l'allumage d'une certaine lampe qu'à l'aide d'un bouton désigné comme devant lui correspondre, la lecture du chronomètre donnera la durée du temps de réaction de choix.

On conçoit d'ailleurs qu'il est possible de rendre l'expérience encore plus compliquée en variant les données (excitation-réponse).

Voici maintenant quels sont les principaux chiffres obtenus pour les temps de réaction simple :

	<i>Réactions auditives</i>	<i>Réactions tactiles</i>	<i>Réactions visuelles</i>
J. Camus	14,7	15,00	19,6
Maublanc et Ratié	14,5	14,00	19,00
Guillain et Ambard	14,15	13,14	17,20
Vincent	14,00	—	20,5
Saffiotti	13,15	—	17,20
H. Piéron	17,20	21,9	21,9

Nous empruntons ces chiffres au tableau publié par MM. J. BEYNE et P. BÉHAGUE (*Gazette des Hôpitaux*, 8 juin 1922).

En ce qui concerne les réactions dites de choix, il nous est impossible de fournir des chiffres — ceux qui sont donnés par les différents auteurs n'ont en effet qu'une valeur documentaire. Ils ne permettent pas de comparaisons entre eux n'ayant pas été tenus avec les mêmes appareils. En tout état de cause, ils ne peuvent nous servir, car le dispositif et la méthode que nous avons utilisés ne l'ont été jusqu'ici que par nous — et comme nous le montrerons plus loin, nos résultats ne peuvent avoir qu'une valeur purement relative.

Instrumentation et technique

Lorsque nous avons dû choisir notre appareil de mesure, nous avons recherché avant tout un appareil transportable, robuste, facile à manipuler. Il ne pouvait être un instant question de songer à emporter sur les pistes à dos de poney ou d'homme, un appareil dont le poids eût entraîné des frais de transport considérables.

Les ressources extrêmement limitées dont disposait l'Expédition contraignaient chacun d'entre nous à réduire ses propres bagages personnels ou scientifiques. On ne pouvait accorder trois porteurs pour un appareil enregistreur compliqué, alors que spontanément, nous nous privions tous d'appareils de té-

léphonie sans fil qui nous eussent permis d'avoir des nouvelles du monde extérieur et de communiquer avec lui.

En admettant même que nous ayons pu emmener avec nous un enregistreur graphique, il nous eût été parfaitement impossible de le protéger et de créer une sorte de laboratoire sur un glacier, campant dans la neige en plein vent. C'est pourquoi, cherchant un instrument peu encombrant mais suffisamment précis pour nous donner toutes les garanties nécessaires dans le travail que nous allions entreprendre, nous avons fixé notre choix sur le chronomètre électrique du Professeur d'Arsonval.

Nous rappellerons brièvement la description de cet appareil :

Un mouvement d'horlogerie très précis, équilibré par un régulateur à force centrifuge, actionne une aiguille à la vitesse de un tour par seconde. Le pivot de cette aiguille est soumis à l'action d'un électro-aimant de telle sorte que l'aiguille reste immobile tant que le courant passe, au contraire, elle suit le mouvement d'horlogerie chaque fois que le courant est interrompu. Le cadran étant divisé en 100 parties égales, on peut s'assurer le temps à $1/100$ et même à $1/200$ de seconde près.

Le signal étant donné par un petit marteau et la réponse par une presselle que le sujet tient à la main, le marteau donne le signal en même temps qu'il in-

terrompt le courant, c'est-à-dire qu'il permet à l'aiguille de se mettre en marche. La presselle au contraire établit le courant et par la suite arrête l'aiguille au moment où le sujet ferme la main.

Il en résulte que pour prendre un temps de réaction ou temps psychique, le sujet et l'opérateur étant dans les conditions requises en général pour ne pas faire d'erreur, on opère de la façon suivante :

Le mouvement d'horlogerie est mis en marche et l'on note la position de l'aiguille sur le cadran, supposons qu'elle soit au chiffre 15. L'opérateur donne le signal avec le marteau et le sujet indique qu'il a perçu l'excitation en fermant la presselle qu'il tient à la main. Noter la nouvelle position de l'aiguille, supposons qu'elle soit au chiffre 31,5. Le temps psychique est donc de $31,5 - 15 = 16,5$ centièmes de seconde.

Il est bon de répéter l'opération un certain nombre de fois afin d'établir une moyenne entre les différents temps trouvés sur le même sujet.

Lorsqu'on désire mesurer une série de temps, afin de calculer une moyenne, il suffit de noter la position initiale de l'aiguille et ses positions successives sur le cadran (dans aucun cas, il ne faut remettre l'aiguille au zéro). On dresse alors un tableau analogue à celui que nous donnons ci-dessous à titre d'exemple :

<i>Lecture des positions successives de l'aiguille</i>	<i>Temps psychiques obtenus par différence de deux lectures successives</i>
15	
31,5	16,5
43,5	12
56	12,5
66	10
81	15
94	13
6	12
20	14
	105,0

Le nombre des temps mesurés étant de 8, le temps psychique moyen est de $105/8 = 13/125$ centièmes de seconde.

Pour la mesure des réactions visuelles et afin d'étudier également les réactions de discrimination, M. le Docteur GARRELON, qui avait d'ailleurs choisi pour nous le chronomètre de d'Arsonval, fit réaliser un dispositif spécial. Le marteau était supprimé et remplacé par une planchette sur laquelle étaient fixées trois lampes de couleurs différentes commandées par des plots distincts, séparés par des plots « morts » intermédiaires. Cet ensemble se trouvait relié au chronomètre et à la pile. L'allumage d'une lampe déclenchait le chronomètre que le sujet arrêta à l'aide de la presselle comme dans les expériences de mesure des réactions auditives ou tactiles.

Comme il était possible à l'opérateur de provoquer à son gré l'allumage de l'une ou l'autre des trois lampes, il pouvait également mesurer des réactions simples en allumant toujours la lampe blanche, ou des réactions de choix en indiquant au sujet de ne répondre que lorsque s'allumerait telle lampe désignée à l'avance.

Dans ce cas, les réponses données lorsque s'allumait par exemple la lampe blanche lorsque l'on demandait une réponse à la rouge étaient comptées comme erreur.

Cet ensemble — en y comprenant la caisse vitrée protégeant le chronomètre lui-même — les piles ordinaires (dites piles de ménage) de rechange, tout emballé et prêt à voyager, ne pesait pas plus de cinq kilogs.

La technique utilisée était également simple :

Pour les réactions auditives, nous placions le sujet le dos tourné à l'appareil, à une distance d'un mètre environ ; l'excitation était fournie par le bruit que produisait le marteau venant frapper le tiroir du chronomètre qui constituait pour nous une caisse de résonnance très pratique.

Pour la mesure des réactions tactiles, le sujet assis de biais présentant la face dorsale de sa main gauche appuyée confortablement sur la table, la main droite tenant la presselle. L'excitation était produite par le marteau venant toucher la face dorsale de la main au niveau de la partie moyenne du deuxième espace intermétacarpien.

Dans les mesures des réactions visuelles et de choix, le sujet était placé en face de l'opérateur, les yeux fixés sur les lampes ; il ne pouvait toutefois pas voir les mouvements de la main de l'opérateur qui provoquait l'allumage, car nous avions placé un écran entre le bouton de commande et les lampes. Dans tous ces cas, l'opérateur avait placé en face de lui le chronomètre et notait les positions successives de l'aiguille sur le cadran. Il pouvait ainsi contrôler les chiffres que marquait un camarade faisant office de secrétaire assis à ses côtés.

Il est évidemment possible de faire à propos de cet appareil et de cette technique un certain nombre de critiques. Les premières sont avant tout celles qu'ont faites MM. BEYNE et BÉHAGUE⁽¹⁾ sur le chronomètre du Professeur d'Arsonval, parmi celles-ci, beaucoup restent valables :

a) « *Le chronomètre de d'Arsonval n'enregistre pas graphiquement les temps* » ; nous avons expliqué à quelles difficultés se heurtaient l'idée d'emporter un appareil enregistreur.

b) « *La lecture était d'autant plus sujette à caution qu'il arrivait bien souvent qu'après la réaction psychomotrice, le sujet rétablissait le courant en lâchant le manipulateur d'où nouvelle course de l'aiguille et lecture rendue impossible.* »

Nous n'avons pu, en effet, éliminer cet inconvé-

(1) J. BEYNE et P. BÉHAGUE (*Journal Médical Français*, tome XV, n° 6, juin 1926).

nient mais en étant deux pour la lecture des positions successives de l'aiguille et en indiquant au sujet quelles précautions prendre dès le début des mesures, on peut le limiter dans de très grandes proportions.

c) « *La cause d'erreur la plus grande provenait du bruit produit par l'aiguille qui, poussée par un ressort, se plaquait sur l'électro-aimant ou s'en libérait de sorte que, dans la recherche des réactions visuelles, le sujet ne voyait pas simplement l'aiguille se mettre en marche, mais entendait en même temps un bruit sec et l'on chronométrait de véritables réactions auditives ou plutôt la longueur de la réponse à un mélange d'excitations, ce qui influe considérablement sur les temps de réaction.* »

Notre appareil modifié par la Maison Boulitte présentait une innovation, celle d'avoir un déclenchement et un arrêt absolument silencieux.

d) Enfin, l'adjonction du dispositif établi par M. le Docteur GARRELON pour les réactions visuelles nous met à l'abri des critiques faites à l'ancien appareil.

Bien d'autres observations nous ont été faites ; se basant sur l'importance de la loi de Wundt sur l'influence de l'intensité de l'excitation on nous a fait remarquer que les excitations perçues devaient être inégales.

Qu'il s'agisse de son produit par le marteau ou de

la sensation tactile sur la face dorsale de la main, nous n'avions pas en effet d'appareil permettant d'assurer une identité des excitations.

Nous défendons notre technique en précisant que l'observateur, en fait l'auteur de ce travail, était toujours le même, et qu'un automatisme personnel auquel il s'était efforcé lui avait permis d'obtenir des résultats satisfaisants.

De même, on ne nous reprochera pas en ce qui concerne les réactions visuelles, des différences d'intensités, chacune des lampes ayant été confectionnée avec une enveloppe de couleur blanche, bleue ou rouge qui supprimait l'éblouissement.

Quant au milieu d'examen, son éclairage fut à peu près constant, que ce soit au Laboratoire, à l'Observatoire Vallot, ou sous la tente, sur le glacier du Baltoro.

Mais surtout, nous voudrions insister sur le caractère des expériences que nous avons conduites. Nous ne cherchons pas à leur donner une valeur absolue, sur tous les plans, mais il est certain que nous nous sommes efforcé, en ayant toujours et dans tous les cas recours au même opérateur, au même appareil, à la même technique et aux mêmes sujets, d'obtenir des résultats constamment comparables dans les différents examens.

De plus, la description de notre appareil et de notre technique nous permet de penser que dans les mêmes conditions un autre opérateur obtiendrait les mêmes résultats — nous avons pu d'ailleurs le véri-

fier par des mesures dont nous n'avons pas tenu compte.

Enfin, si nous répétons ne vouloir attribuer à nos résultats qu'une valeur relative, nous ne pouvons nous empêcher de faire remarquer que, dans l'éta-lonnage au sol pratiqué par nous, nos chiffres sont extrêmement rapprochés de ceux donnés par CAMUS et NEPPER, GUILLAIN et AMBARD, MAUBLANC et RATIÉ, en ce qui concerne les réactions simples.

Les réactions psychomotrices et l'altitude

Avant d'étudier comment se présentent les réactions psychomotrices en altitude, il importe de pratiquer un étalonnage au sol, valable aussi bien pour chacun des sujets que pour l'instrumentation et la technique utilisée.

1° Etalonnage au sol

Nous indiquerons tout d'abord les principales caractéristiques des sujets étudiés :

- X₁. — 23 ans — sportif très entraîné — très musclé — habitué à une vie saine et très active — très adroit — pouls 65 au sol.
- X₂. — 26 ans — sportif très entraîné — bien musclé — vie saine et active — très adroit — pouls 65 au sol.
- X₃. — 36 ans — vivant depuis 15 ans en Indochine — n'ayant jamais pratiqué l'alpinisme, mais sportif bien musclé et très adroit, pouls 70.
- X₄. — 29 ans — alpiniste entraîné — musclé — menant une vie fatigante et peu saine — très adroit — pouls 64 au sol.

X₅. — 34 ans — alpiniste entraîné — moyennement musclé — vie sédentaire — adroit — pouls 72 au sol.

X₆. — 21 ans — né montagnard — alpiniste entraîné, mais peu habitué aux exercices sportifs — bien musclé — moyennement adroit — pouls 70.

X₇. — 21 ans — né et vivant en montagne — alpiniste entraîné — moyennement musclé, manquant de « détente » — assez maladroit — pouls 70.

Comme on le voit, nous disposions d'une série de sujets de caractéristiques assez différentes quoiqu'étant bien entendu tous ce qu'il est convenu d'appeler des « sportifs ». Voici maintenant les chiffres obtenus pour chacun d'eux :

ETALONNAGE AU SOL :

	<i>Audition</i>	<i>Tact</i>	<i>Vue</i>	<i>Choix</i>
X ₁ :	15	15	21	24
	16	16	18	22
	15	16	15	25
	15	14	19	25
	14	17	17	23
	15	13	16	22
	17	17	14	20
	15	15	24	25
	16	15	19	25
	15	16	14	27
	15,2	15,4	17,7	23,8

	<i>Audition</i>	<i>Tact</i>	<i>Vue</i>	<i>Choix</i>
$X_2 :$	13	16	20	23
	15	14	21	19
	12	13	17	35
	13	16	23	32
	13	15	25	25
	13	13	17	19
	15	14	20	24
	15	10	21	27
	14	13	25	25
	14	15	20	—
	13,7	13,9	20,9	25,44

$X_3 :$	11	12	17	20
	12	12	15	18
	11	10	15	19
	11	10	16	17
	10	10	16	20
	12	11	15	24
	12	11	16	23
	13	12	16	20
	11	12	16	22
	12	12	15	21
	11,4	11,2	15,7	20,4

	<i>Audition</i>	<i>Tact</i>	<i>Vue</i>	<i>Choix</i>
$X_4 :$	11	12	18	21
	11	13	15	24
	12	14	16	24
	11	11	18	25
	11	10	17	20
	10	15	16	22
	10	11	18	24
	12	10	18	25
	11	10	20	22
	12	12	15	25
	11	11,8	17,1	23,2
$X_5 :$	13	12	17	26
	12	11	18	22
	12	10	16	27
	11	11	15	25
	9	10	15	26
	10	12	16	25
	10	10	15	25
	9	10	15	24
	11	11	16	25
	11	10	15	24
Moyenne :	10,8	10,7	15,8	24,9
				+1 erreur

	<i>Audition</i>	<i>Tact</i>	<i>Vue</i>	<i>Choir</i>
$X_6 :$	17	16	18	23
	18	16	15	22
	16	17	15	27
	15	16	15	22
	15	17	16	33
	17	16	19	25
	15	15	20	24
	17	15	20	26
	17	15	—	25
	14	15	—	22
Moyenne :	16,1	15,7	17,25	24,9

$X_7 :$	16	16	17	20
	16	16	20	26
	15	14	20	25
	15	16	19	22
	15	16	18	41
	13	17	17	20
	14	17	26	19
	12	15	15	18
	14	16	21	22
	16	15	20	22
Moyenne :	14,6	15,8	18,3	23,5

De tels résultats nous permettent de classer X_3 et X_5 parmi les sujets très rapides ; X_1 , X_2 , X_4 parmi les bons sujets rapides ; X_6 et X_7 étant moyens ; et comme nous l'avons dit plus haut, en ce qui concerne les réactions simples, nous nous trouvons très près des

chiffres dressés par CAMUS et que nous rappellerons ici :

14,7 pour les réactions auditives ;

15 pour les réactions tactiles ;

19,7 pour les réactions visuelles.

2° Mesures effectuées en Himalaya

Ce n'est qu'après une longue période d'adaptation que ces mesures ont été effectuées. En effet, le



FIG. 2. — Itinéraire de la marche d'approche
(Cliché Expédition française Himalaya.)

17 avril 1936, nous quittons Srinagar, capitale du Kashmir, à 1.500 m. d'altitude environ. Quatre jours après, nous franchissons le col du Zoji-La à 3.400 m.; de là, nous redescendons progressivement le long de l'Indus jusqu'à 2.300 mètres.



FIG. 3. — Le camp
(Cliché Expédition française Himalaya.)

Remontant ensuite un affluent de l'Indus, nous prenions peu à peu de la hauteur, atteignant 3.000 mètres le 17 mai, nous franchissons la côte 4.000, plusieurs jours après : le 22 mai.

Enfin, le 25 mai, nous installions à 5.000 mètres notre campement définitif, base de départ pour l'attaque du Hidden Peak.

Les conditions d'existence étaient celles dont nous avons dû nous contenter pendant toute l'expédition ; nous y étions parfaitement habitués, et je ne crois pas qu'il y en ait un seul parmi nous qui ne soit pas disposé à recommencer aujourd'hui la même vie, sur les mêmes bases.

Quant à la valeur de nos expériences, elle me paraît augmentée du fait qu'aucun de nous — observateur ou sujets — n'avaient en tête qu'une préoccupation scientifique. Bien au contraire, chacun allait et venait, vaquait aux occupations de la vie du camp, prenait sa part dans l'ascension du Hidden Peak, et ce n'était qu'au moment où nous nous trouvions libres que nous organisions une « séance de mesures ».

Voici maintenant les résultats observés :

	<i>Audition</i>	<i>Tact</i>	<i>Vue</i>	<i>Choir</i>
X ₂ :	12	14	19	27
(Pouls 80,	15	14	21	30
respiration	14	15	22	24
normale)	13	12	22	26
	12	12	28	21
	12	12	16	21
	14	14	17	24
	15	15	18	19
	14	12	18	21
	14	14	18	22
Moyenne :	13,5	13,4	19,9	23,5

	<i>Audition</i>	<i>Tact</i>	<i>Vue</i>	<i>Choix</i>
$X_4 :$	11	12	18	21
Pouls 85	11	13	15	24
	12	14	16	24
	11	11	18	25
	11	10	17	20
	10	15	16	22
	10	11	18	24
	12	10	18	25
	11	10	20	22
	12	12	15	25
Moyenne .	11	11,8	17,1	23,2
$X_5 :$	12	12	16	24
Pouls 82	12	10	18	23
	11	11	16	25
	10	10	16	25
	8	12	15	29
	8	9	16	24
	12	10	17	27
	11	10	16	26
	10	11	15	25
	10	10	16	26
Moyenne :	10,4	10,5	16,1	25,4

3° Mesures effectuées à l'Observatoire Vallot

Les conditions de l'expérience furent dans ce cas très différentes. Il ne s'agissait plus d'individus examinés après un long séjour en altitude.

Le 21 août, l'auteur de ces lignes, accompagné de quatre camarades devant être ses sujets d'expériences, quittait Chamonix vers midi et empruntant le petit chemin de fer de montagne qui conduit les touristes vers le glacier de Bionnassay, puis le sentier



FIG. 4. — L'Observatoire Vallot (4.362 mètres)

qui monte vers les contreforts de l'Aiguille du Goûter, atteignait le confortable refuge du Club Alpin élevé au lieu-dit Tête-Rousse (3.167 m.) vers 5 heures de l'après-midi.

Le lendemain, après une nuit semblable à celle que passent dans les refuges les alpinistes heureux de retrouver des amis, nous nous mettions en marche vers le Mont-Blanc, à 4 heures du matin, sans avoir beaucoup dormi.

A 6 heures, notre groupe atteignait le sommet de l'Aiguille du Goûter (3.835 mètres), puis ce fut la montée sur le flanc du Dôme du Goûter (4.304 m.). Cette partie du parcours fut à vrai dire assez pénible ; nous nous trouvions dans l'ombre et dans le vent, et plusieurs d'entre nous souffrirent cruellement du froid.

A huit heures, nous étions au sommet du Dôme du Goûter désormais au-dessus de 4.000 mètres et quarante-cinq minutes plus tard, dédaignant de pousser jusqu'au sommet du Mont-Blanc que nous avions les uns et les autres gravi déjà plusieurs fois, nous entrions à l'Observatoire Vallot.

L'obscurité et le froid y régnaient. Enfin, après l'avoir rendu plus habitable, en allumant nos réchauds, en ouvrant les volets qui gardent des rayons solaires de bien petites fenêtres, nous arrivâmes à faire monter le thermomètre un peu au-dessous de zéro. A 10 heures, après nous être restaurés tant bien que mal, installés dans le célèbre salon oriental de l'Observatoire, nous pouvions commencer nos mesures.

Nous avons ainsi procédé pour chaque sujet à deux séries de mesures séparées entre elles par un repos convenable. A 15 heures, nous terminons la dernière série, après quelques photographies, nous fermions

l'Observatoire et abandonnions le col du Dôme pour descendre vers la vallée de Chamonix.

Voici quels furent les résultats obtenus :

X_1 = pouls 84 — respiration normale ;

X_3 = pouls 90 — respiration normale ;

X_6 = pouls 82 — respiration normale ;

X_7 = pouls 82 — respiration normale.

	<i>Audition</i>	<i>Tact</i>	<i>Vue</i>	<i>Choix</i>
X_1 :	11	13	25	24
	12	16	24	25
	14	16	21	24
	12	17	20	23
	20	16	20	22
	15	14	17	21
	15	16	20	20
	14	15	18	18
	15	16	23	25
	17	15	21	26
Moyenne :	14,5	15,4	20,9	22,8
X_3 :	11	15	19	17
	13	11	19	18
	14	11	16	20
	12	9	15	22
	11	13	21	18
	12	14	18	19
	10	10	15	26
	13	11	15	22
	15	10	16	30
	9	11	15	27
Moyenne :	12	11,7	16,9	21,9

	<i>Audition</i>	<i>Tact</i>	<i>Vue</i>	<i>Choix</i>
$X_6 :$	17	16	23	24
	15	21	22	21
	12	20	19	24
	18	15	17	25
	20	14	20	28
	26	15	17	19
	12	14	20	19
	14	16	21	29
	13	18	22	23
	15	11	22	23
Moyenne :	16,2	15	20,3	23,5
$X_7 :$	13	16	22	22
	13	12	21	26
	17	15	22	34
	10	16	17	21
	13	14	19	23
	15	15	21	25
	16	16	20	25
	16	17	19	21
	10	16	21	22
	16	16	20	21
Moyenne :	14	15,3	20,2	24

Ces deux expériences très voisines l'une de l'autre et pourtant différentes étant donné la progression lente et régulière vers l'altitude de 5.000 mètres en Himalaya — et l'élévation rapide jusqu'à 4.350 mètres environ sur le Mont-Blanc permettent de présenter des résultats sensiblement identiques.

Dans l'un et l'autre cas, on ne peut véritablement pas tenir compte des modifications minimales qui apparaissent dans les chiffres. Ainsi, chez les sujets que nous avons étudiés — dans des conditions d'instrumentation et de technique absolument semblables jusqu'à l'altitude de 5.000 mètres les réactions psychomotrices ne subissent pas de modifications.

Les réactions psychomotrices et la pression barométrique

‘ L'action de la pression barométrique sur l'organisme humain n'est plus à démontrer ; on trouve déjà dans le remarquable traité de Paul BERT, paru en 1878, toutes les notions fondamentales.

Nous avons été amené à étudier l'influence de la pression barométrique sur les réactions psychomotrices lorsque nous avons cherché à contrôler en laboratoire les mesures faites en Himalaya ou sur le Mont-Blanc.

Sans vouloir empiéter sur les chapitres suivants, nous pouvons dire que, effectuant dans le caisson des mesures à une pression correspondant à une altitude de 5.000 mètres, nous avons pu noter une altération très nette des temps de réaction.

Quel était alors le facteur à incriminer — quelle interprétation pouvions-nous donner à ce phénomène, c'est ce que nous exposerons dans les pages qui vont suivre.

Avant tout, nous avons donc cherché à établir l'influence de la dépression pure. Nous avons voulu désigner par le terme de dépression pure celle réalisée dans un caisson à dépression atmosphérique, et nous

voudrions surtout éviter une confusion créée par le fait qu'en général pour la commodité de l'exposé, cette dépression est « traduite en altitudes ».

Il existe une différence considérable entre le milieu réalisé à 266 mm. 8 de Hg, obtenu en caisson, et complètement isolé des conditions annexes qui l'accompagnaient dans la nature — et le milieu trouvé à 8.000 mètres d'altitude sur le sommet d'une montagne ou dans le ciel, en avion par exemple. Ces facteurs atmosphériques, électriques, cosmiques même dont la réalité et l'influence nous échappent pour le moment, nous ne pouvons pas en négliger l'existence.

Afin donc d'étudier la dépression pure, nous avons placé observateur, sujets et instrument dans un caisson complètement isolé des facteurs évoqués plus haut.

Restait une cause importante dont l'influence devait être supprimée : l'abaissement de la tension de l'oxygène dans l'air inspiré. Si au sol, la tension de l'oxygène dans l'air est de :

$$\frac{20,9 \times 760}{100},$$

à pression plus basse, on conçoit qu'elle s'abaisse en fonction de la pression. Un moyen extrêmement simple éliminait de façon absolue ce facteur important : ramener par inhalation d'oxygène la tension à la valeur qu'elle a au sol ; c'est-à-dire 159 mm. de Hg.

Les sujets furent donc munis de masques inhalateurs du modèle de l'Armée de l'Air. Les mesures s'ef-

fectuèrent à une pression de 266 mm. de Hg correspondant à l'altitude 8.000 mètres. Tous nos sujets y furent soumis. La « montée », si l'on peut dire, se faisant à une moyenne de 500 mètres-minutes. Une série de mesures durait environ 20 minutes par sujet. Comme nous étions trois dans le caisson (observateur compris), nous séjournions environ trois quarts d'heure à une pression de 266,8 mm. de Hg.

A part quelques douleurs dentaires, aucun de nous ne se trouva incommodé ; d'ailleurs, la présence de M. le Médecin Commandant BERGERET ou de notre camarade le Médecin Lieutenant GIORDAN, très habitués aux manœuvres du caisson, nous donnait, à nous qui pouvions voir de quelles précautions ils nous entouraient, cette confiance qui évite bien des accidents. Nous exposons ici les résultats obtenus :

Caisson — 8.000 + O²

	<i>Audition</i>	<i>Tact</i>	<i>Vue</i>	<i>Choix</i>
<i>X₁</i> :	15	12	20	23
	15	15	18	25
	13	12	18	23
	15	13	19	25
	17	15	19	22
	13	13	20	20
	15	12	20	29
	15	16	17	27
	12	15	17	26
	14	15	20	19
Moyenne :	14,4	13,8	18,8	23,9

	<i>Audition</i>	<i>Tact</i>	<i>Vue</i>	<i>Choix</i>
$X_2 :$	12	13	22	
	13	15	16	
	11	15	19	
	13	15	20	
	11	13	19	
	13	13	19	
	12	15	20	
	17	14	18	
	12	11	20	
	11	14	19	
Moyenne :	12,5	13,8	19,2	

$X_3 :$	10	12	18	20
	11	11	15	19
	15	11	17	20
	10	12	17	19
	11	12	18	15
	15	12	15	22
	14	13	16	22
	11	11	15	20
	11	12	17	22
	11	11	17	20
Moyenne :	11,9	11,7	16,5	19,9

	<i>Audition</i>	<i>Tact</i>	<i>Vue</i>	<i>Choix</i>
$X_4 :$	10	10	19	25
	11	14	20	20
	12	11	16	25
	10	12	18	26
	13	11	18	27
	13	11	15	26
	18	13	17	25
	12	14	17	23
	11	12	18	18
	13	12	15	21
Moyenne :	11,7	12	17,3	23,6

$X_5 :$	10	11	18	20
	11	10	15	20
	10	11	17	21
	11	12	17	17
	10	12	17	20
	14	10	19	25
	11	10	16	24
	10	11	15	30
	10	12	17	24
	10	10	15	30
Moyenne :	10,8	10,9	16,6	23,1

	<i>Audition</i>	<i>Tact</i>	<i>Vue</i>	<i>Choix</i>
$X_6 :$	13	11	21	24
	13	15	19	23
	11	14	18	33
	11	15	19	22
	14	15	21	30
	22	15	19	34
	14	14	20	24
	13	11	13	24
	16	14	18	25
	20	15	23	24
Moyenne :	14,7	13,9	19,8	26,3
$X_7 :$	16	14	17	16
	13	18	20	25
	15	13	21	18
	15	15	19	22
	18	12	16	25
	18	16	21	21
	15	18	23	23
	16	16	17	31
	16	13	18	20
	15	15	16	25
Moyenne :	15,7	15,1	18,8	22,6

Comme on peut le voir, les chiffres obtenus à une pression barométrique correspondant à une altitude de 8.000 où auraient dû se produire des perturbations dans le temps de réaction sont, chez des sujets munis d'inhalateurs d'oxygène, identiques à de minimas différences près, à ceux obtenus chez des sujets au sol.

Les réactions psychomotrices et la tension de l'oxygène dans l'air inspiré

L'enchaînement logique de nos expériences nous amena donc à l'étude des variations des réactions en fonction de la tension de l'oxygène dans l'air inspiré.

Pour ces expériences, nous avons eu recours à deux procédés :

A. — Expériences en caisson

Une fois de plus, nous allons utiliser le caisson à dépression du Laboratoire de recherches médico-physiologiques de l'Armée de l'Air au Val-de-Grâce. Il allait nous permettre d'observer à partir de quel abaissement de la tension de l'oxygène varierait éventuellement le temps de réaction. En effet, bien que la composition de l'air inspiré fût la même, le sujet n'y trouvait plus la même tension d'oxygène. D'après la formule :

$$\text{Tension de l'Ox. dans air inspiré} = \frac{20,9 \times \text{Pression barométrique (1)}}{100}$$

(1) De l'altitude envisagée, bien entendu.

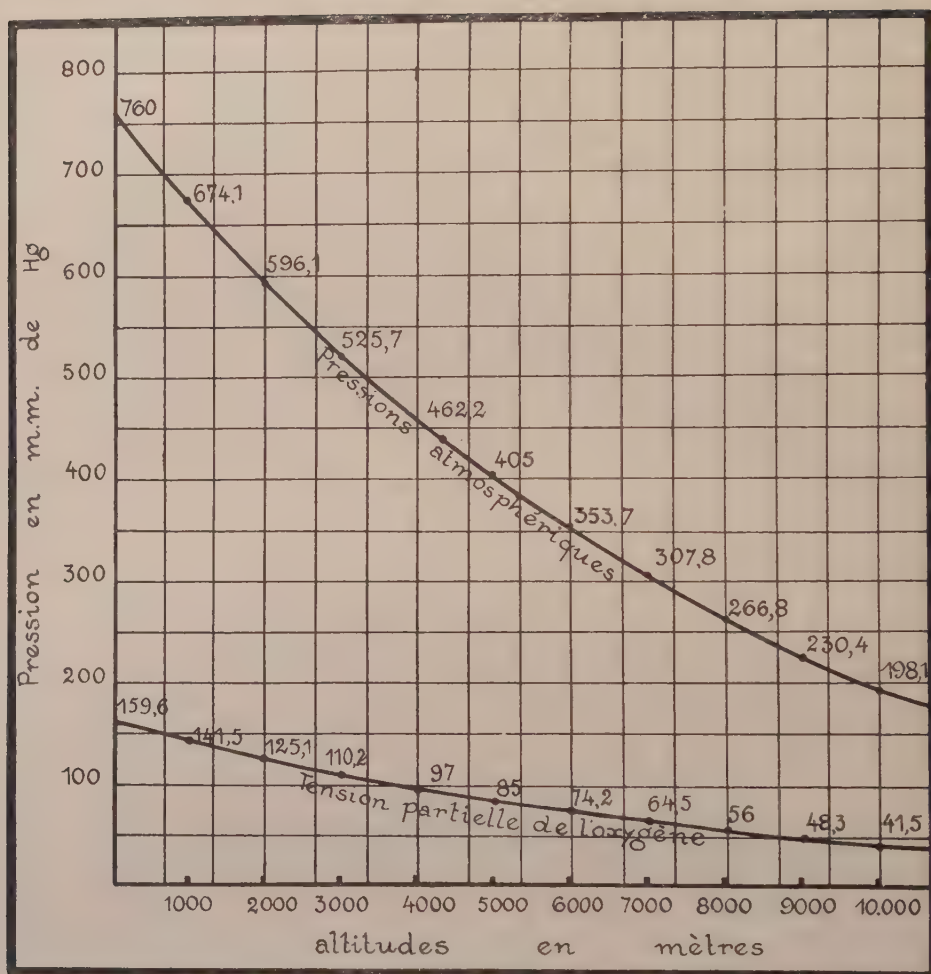


Fig. 5. — Variations de la pression atmosphérique en fonction de l'altitude et de la température entre 0 et 10.000 mètres dans l'air-type suivant la loi du S. T. Ae.

Etant donné que nos expériences avaient été effectuées en Himalaya à l'altitude 5.000, nous avons d'emblée entrepris nos mesures à une pression correspondant à cette altitude. Nous avons trouvé par la suite que cette altitude 5.000 est bien celle où sont vraiment flagrantes les modifications du temps de réaction pour la majorité des sujets — car nous devons signaler que deux de nos sujets manifestant une résistance supérieure, nous avons dû pousser jusqu'à 5.500, alors qu'en réalité, pour les autres, la cote 4.500 permettait déjà d'obtenir des chiffres augmentés.

Les conditions de l'expérience étaient semblables à celles décrites au chapitre précédent — à l'exception bien entendu de l'usage de l'inhalateur. Nous les laissions sur une étagère à portée de la main, prêts à fonctionner en cas d'alerte.

Pratiquement, nous n'avons jamais eu recours à eux — et si parfois une cyanose des lèvres se remarquait chez l'un d'entre nous, c'était en général à la fin du « palier » auquel nous étions maintenus tant que duraient les mesures. L'abaissement de pression, ou, si l'on veut, la « montée » puisque c'est là le terme couramment employé par les usagers, du caisson, se faisait à une allure régulière de 500 mètres minutes.

Nous verrons l'importance que nous attribuons au fait d'être amenés à 5.000 mètres en 10 minutes.

Donnons maintenant les chiffres obtenus :

Caisson : 5.000

	<i>Audition</i>	<i>Tact</i>	<i>Vue</i>	<i>Choix</i>
$X_1 :$	15	18	22	28
	16	17	31	30
	14	27	23	22
	16	17	21	25
	18	16	24	33
	15	15	28	30
	16	17	21	37
	21	19	22	41
	16	17	24	21
	—	15	—	30
Moyenne :	16,3	17,8	24	29,7
				+ 1 erreur

$X_2 :$	17	14	21	48
	15	16	29	28
	20	17	27	28
	15	16	27	35
	16	16	22	41
	16	16	22	29
	16	20	26	21
	18	15	26	46
	15	18	26	30
	22	17	21	35
Moyenne :	17	15,7	25,7	31,1
				+ 1 err.

	<i>Audition</i>	<i>Tact</i>	<i>Vue</i>	<i>Choix</i>
$X_3 :$	16	14	21	30
	13	16	20	28
	12	17	21	27
	17	16	18	44
	15	16	23	19
	16	16	23	27
	16	20	21	22
	15	15	24	19
	16	18	20	34
	22	17	21	25
Moyenne :	15,7	16,5	21,2	27,5
				+2 err.

$X_5 :$	14	13	20	38
	16	13	24	26
	14	12	15	32
	16	16	22	27
	14	15	23	39
	12	15	25	27
	16	16	24	29
	19	16	16	33
	15	16	23	25
	13	16	26	24
Moyenne :	14,9	14,8	21,8	30,5
				+2 err.

	<i>Audition</i>	<i>Tact</i>	<i>Vue</i>	<i>Choix</i>
$X_6 :$	14	15	22	32
	15	15	22	32
	16	16	26	46
	14	14	22	42
	16	12	28	33
	20	15	29	30
	19	16	31	24
	16	16	21	35
	17	16	23	32
	—	—	21	26
Moyenne :	16,30	15	24,5	33,2
				+ 2 err.
$X_7 :$	18	13	27	28
	20	16	30	22
	16	17	20	42
	16	23	19	41
	19	14	21	20
	19	20	19	34
	16	19	19	26
	15	12	23	28
	20	20	20	32
		21	24	35
Moyenne .	17,7	17,5	22,2	38
				+ 2 err.

B. — Expérience en atmosphère composé pauvre en oxygène

Le second procédé permet d'étudier l'influence de la tension partielle de l'oxygène dans l'air inspiré.

Pour cette série de mesures, nous disposions de deux grands spiromètres du Laboratoire. Ils étaient remplis d'un mélange gazeux composé en partie d'air atmosphérique et en partie d'azote conformément au tableau qui donne pour une altitude déterminée et fictive la composition du mélange correspondant.

<i>Altitude</i>	<i>Tension partielle d'O.</i>	<i>Azote %</i>	<i>Air %</i>
3.000	110,2	31,2	68,8
4.000	97	39,6	60,4
5.000	85	47,2	52,8
6.000	74,2	53,9	46,1
7.000	64,5	59,6	40,4
8.000	56	64,4	35,6

Nous avons donc un spiromètre contenant un mélange composé correspondant à l'altitude 3.000 mètres, et un spiromètre contenant un mélange composé à 5.000 mètres.

Le sujet, assis dans un fauteuil, respirait par l'intermédiaire d'un masque à soupape de Tissot, ce masque relié tout d'abord au spiromètre contenant le « mélange 3.000 » était ensuite, après que le sujet eût respiré ainsi 3 ou 4 minutes, branché sur le mélange « 5.000 » mètres.

Cette technique nous permit d'éviter au sujet habitué à respirer une atmosphère normale, la sensation brutale de suffocation et de gêne éprouvée au début de l'expérience lors du passage au mélange « 5.000 mètres », qui eût pu être à l'origine de troubles dans les réactions mesurées.

Les chiffres obtenus au cours de ces deux expériences montrent des modifications très sensibles du temps de réaction.

Cette variation se fait dans le sens de l'allongement des réactions dans les cas les plus nets, il va jusqu'à 10 centièmes de seconde, ce qui est très important étant donné qu'il double presque ainsi le temps normal. Dans d'autres cas, il est moins marqué, mais toutefois, il existe. Enfin, on peut relever quelques résultats paradoxaux surtout en matière de réactions au tact.

	<i>Audition</i>	<i>Tact</i>	<i>Vue</i>	<i>Choix</i>
X_1 :	15	17	28	36
	16	17	21	40
	16	15	17	16
	15	14	16	29
	17	15	17	31
	16	15	19	33
	18	15	27	18
	16	16	16	40
	18	16	—	38
	18	16	—	42
Moyenne :	16,5	15,6	19,90	32,3

	<i>Audition</i>	<i>Tact</i>	<i>Vue</i>	<i>Choir</i>
$X_2 :$	19	20	19	26
	17	20	24	27
	23	24	30	25
	24	22	28	18
	28	31	36	17
	27	19	28	21
	27	29	29	39
	19	23	27	24
	11	18	23	27
	18	26	30	
Moyenne :	21,3	23,2	27,4	24,8

X_3	12	15	24	43
	17	13	17	35
	16	20	19	31
	17	15	28	35
	14	18	18	33
	15	22	21	49
	15	15	17	23
	22	18	23	39
	21	15	16	
	15	17	18	
Moyenne :	16,4	17	20,1	36
				+2 err.

	<i>Audition</i>	<i>Tact</i>	<i>Vue</i>	<i>Choix</i>
$X_4 :$	17	14	21	27
	16	18	19	33
	16	17	23	22
	15	16	22	35
	17	17	19	28
	18	15	24	25
	16	13	20	25
	16	19	19	27
	16	18	25	26
	15	18	20	25
Moyenne :	16,1	16,5	21,2	27,3

$X_5 :$	17	14	23	28
	16	16	22	34
	16	16	21	30
	16	18	14	31
	15	16	21	36
	16	15	21	27
	16	13	15	32
	17	18	24	30
	15	19	17	29
	15	18	21	23
Moyenne :	15,9	16,5	19,9	29,2
				+ 2 err.

	<i>Audition</i>	<i>Tact</i>	<i>Vue</i>	<i>Choix</i>
$X_6 :$	18	19	25	33
	19	22	28	32
	21	17	22	38
	18	21	23	32
	17	22	23	34
	17	23	22	33
	17	15	22	38
	17	18	21	27
	21	21	23	28
	22	22	26	24

Moyenne :	18,7	20	23,5	31,9
-----------	------	----	------	------

$X_7 :$	26	16	26	29
	15	12	22	32
	29	15	26	27
	29	14	25	25
	15	14	20	28
	16	16	22	44
	18	18	19	26
	13	15	—	24
	14	14	—	32
	16	17	—	26

Moyenne :	19,6	15,1	22,8	29,3
				+2 err.

Considérations - Interprétations

Il ressort donc des expériences pratiquées en haute montagne jusqu'à l'altitude 5.000 mètres, qu'aucune variation sensible par rapport aux valeurs observées en plaine ne s'observe dans les temps de réactions psychomotrices, qu'elles soient simples ou « de discrimination ».

Nous devons toutefois remarquer que nos sujets et nous-même dans nos observations étions en condition physique parfaite et que nous ne pouvons être fondé à généraliser nos conclusions.

En effet, au cours de nos expériences, nous avons effectué sur un de nos camarades en état de dépression nerveuse et physique passagère, des mesures qu'étant donné les circonstances, nous avons consigné sur un certain cahier.

Dans les nombreuses vicissitudes dont furent l'objet nos bagages, la caisse qui contenait ce cahier fut détruite ou égarée. Les chiffres sont donc perdus cependant, nous pouvons indiquer que les réactions étaient très modifiées, et que l'on notait des réponses à la fois très lentes (plus de 30/100 pour les réactions simples) et très irrégulières.

Il serait évidemment très intéressant de disposer de sujets tarés ou débilités et d'étudier les variations de leurs réactions. Malheureusement pour nos successeurs dans cet ordre de recherches, ne croyons pas qu'une expédition en Himalaya soit appelée à comprendre parmi ses membres de pareils « sujets ».

Nous dirons donc que chez des sujets sains et en bonne condition physique, nous n'avons observé aucune modification des réactions psychomotrices jusqu'à 5.000 mètres.

Au contraire, nous avons pu obtenir expérimentalement des modifications dans les réactions en soumettant ces mêmes sujets à des changements rapides d'altitude, soit dans le caisson à dépression, soit en utilisant l'inhalation d'un mélange correspondant à celui que l'on trouve à l'altitude étudiée.

La preuve que les troubles dans les réactions ne pouvaient être imputés qu'à l'abaissement de la tension partielle de l'oxygène dans l'air inspiré, nous a été apportée par la constance des temps de réactions aux différentes pressions lorsque nos sujets étaient munis d'inhalateurs d'oxygène.

Voici un tableau résumant les moyennes obtenues au cours de nos expériences. Nous avons voulu demander à l'étude des écarts moyens des indications supplémentaires.

Nous rappelons que l'écart moyen est la moyenne des écarts existant entre la moyenne arithmétique et chacune des valeurs absolues ayant servi à établir cette moyenne.

Il constitue l'indice de régularité, alors que la moyenne arithmétique constitue l'indice de rapidité.

TABLEAU RÉCAPITULATIF

X_1 :

	<i>Audition</i>	<i>Ecart moy.</i>	<i>Tact</i>	<i>Ec. M.</i>	<i>Vue</i>	<i>Ec. M.</i>	<i>Choir</i>
Paris	15,2	0,58	15,4	1,00	17,7	2,50	23,8
Obs. Vallot	14,5	1,90	15,4	0,92	20,9	1,60	22,8
8.000+0 ²	14,40	1,12	13,8	1,40	18,8	1,04	23,9
Caisson 5.000	16,3	1,38	17,8	2,12	24	2,44	29,7
Atmosph. 5.000	16,5	1,00	15,6	0,80	19,87	3,08	32,3

X_2 :

Paris	13,7	0,90	13,9	1,35	20,9	2,10	25,44
Himalaya 5.000	13,5	1,00	13,4	1,12	19,9	2,68	23,5
8.000+0 ²	12,5	1,20	13,8	1,04	19,2	0,98	—
Caisson 5.000	17,0	1,80	15,7	0,70	25,7	2,36	31,10
Atmosph. 5.000	21,3	4,57	23,2	3,44	27,4	3,32	24,8

X_3 :

Paris	11,4	0,70	11,2	0,80	15,7	0,56	20,4
Vallot Observ.	12,0	1,40	11,7	1,78	16,9	1,88	21,9
8.000+0 ²	11,9	1,66	11,7	0,46	16,5	1,00	19,9
Caisson 5.000	15,7	1,66	16,5	1,20	21,2	1,28	27,5
Atmosph. 5.000	16,4	2,30	17,0	2,44	20,1	3,12	36
							+2 err.

X_4 :

Paris	11	0,50	11,8	1,40	17,1	1,30	23,2
Himalaya 5.000	11,6	0,50	11,6	1,40	16,6	1,30	23,3
8.000+0 ²	11,7	0,90	12,0	1,00	17,3	1,30	23,6
Caisson 5.000	—	—	—	—	—	—	—
Atmosph. 5.000	16,1	0,82	16,5	1,60	21,2	1,84	27,3

X₅ :

	<i>Audition</i>	<i>Ecart moy.</i>	<i>Tact</i>	<i>Ec. M.</i>	<i>Vue</i>	<i>Ec. M.</i>	<i>Choix</i>
Paris	10,8	1,04	10,7	0,80	15,8	0,80	24,9
Himalaya 5.000 ..	10,4	1,20	10,5	0,80	16,1	0,56	25,4
8.000+0 ²	10,8	0,86	10,9	0,72	16,6	1,08	23,1
Caisson 5.000	14,9	1,59	14,8	1,28	21,8	2,80	30,5
							+2 err.
Atmosph. 5.000 ..	15,9	0,70	16,5	1,66	19,9	2,84	29,2
							+2 err.

X₆ :

Paris	16,1	1,18	15,7	0,66	17,25	2,00	24,9
Vallot Observ. ...	16,2	3,24	15,0	2,1	20,3	1,70	23,5
8.000+0 ²	14,7	2,78	15,0	0,98	17,3	1,86	25,3
Caisson 5.000	16,33	1,39	15,0	0,88	24,5	3,40	33,2
Atmosph. 5.000 ..	18,7	1,94	20,0	2,20	23,5	1,70	31,9

X₇ :

Paris	14,6	1,08	15,8	0,68	18,3	2,24	23,5
Vallot Observ. ...	14,0	2,10	15,3	1,04	20,2	1,20	24,0
8.000+0 ²	14,7	1,10	15,1	1,62	18,8	2,00	22,6
Caisson 5.000	17,7	1,53	15,1	3,10	22,2	3,04	30,8
							+2 err.
Atmosph. 5.000 ..	19,6	5,04	15,1	1,32	22,8	2,40	29,3
							+2 err.

Ces chiffres montrent avec une indiscutable netteté une variation des temps de réaction en fonction de l'abaissement de la tension partielle de l'oxygène dans l'air inspiré.

Cette variation consiste principalement en un allongement de temps de réaction, car les indications fournies par l'étude des écarts moyens est beaucoup moins probante quoique dans l'ensemble on puisse

dire qu'en même temps que cet allongement on observe une certaine irrégularité dans les réponses.

D'autre part, il est une remarque que nous devons faire : chez plusieurs d'entre nous, on observe une constance paradoxale du temps des réactions tactiles alors même que les réactions visuelles, auditives et les réactions de choix subissent un allongement marqué.

A ce phénomène paradoxal, nous proposerons deux explications : tout d'abord, la nature des réactions tactiles elles-mêmes qui dans les mesures effectuées par de nombreux auteurs, se sont montrées être les plus stables et qui ont souvent présenté ce caractère de stabilité paradoxale, notamment malgré la fatigue, — enfin, sans vouloir nous engager dans des interprétations générales, ce fait nous amène à exposer ce qui nous paraît être la cause des variations étudiées.

Les modifications observées dans les réactions psychomotrices, qu'elles touchent à la rapidité de la réponse ou à la régularité des réponses, nous paraissent traduire une souffrance du système cérébral et neuromusculaire.

L'abaissement de la tension de l'oxygène dans l'air inspiré amène le sujet en état d'anoxhémie. Il se pourrait donc qu'à ce moment se produise une décharge d'hématies et que cette soudaine hyperglobulie entraîne alors une compensation « qui dépasserait le but ». Ainsi obtiendrions-nous des réponses paradoxales au commencement d'une série de mesu-

res et en réalité il se trouve que nous avons dans le cas incriminé débuté par l'étude des réactions au tact.

Enfin, à côté de l'anoxhémie, phénomène primordial et essentiel, il semble que l'on ne doive pas négliger l'action défavorable possible que l'acapnie ou hypocapnie crée par l'élimination exagérée du CO_2 en altitude.

L'ampleur de cette action est, nous devons le reconnaître, encore controversée, du moins chez l'aviateur.

Les expériences que nous avons effectuées en caisson avec inhalation d'oxygène pur en négligeant systématiquement le facteur acapnie semble bien démontrer que ce facteur n'intervient pas dans la pathogénie des variations des réactions psychomotrices aux altitudes et aux taux de dépression considérés.

Elles confirment en outre que les aviateurs peuvent grâce à la simple inhalation d'oxygène atteindre des altitudes de l'ordre de 10.000 mètres, y séjourner même quelque temps sans présenter de troubles psychiques ou psychomoteurs notables.

CONCLUSIONS

I. — Chez des sujets en bonne condition physique examinés en haute montagne, les réactions psychomotrices ne varient pas entre 0 et 5.000 mètres en fonction de l'altitude.

II. — Chez ces mêmes sujets, les réactions psychomotrices ne varient pas en fonction de la pression barométrique en elle-même.

III. — Les réactions psychomotrices varient en fonction de la tension partielle de l'oxygène dans l'air inspiré.

Cette variation se caractérise principalement par un allongement du temps de réaction.

Les réactions dites de discrimination ou « de choix » subissent une modification plus importante que les réactions simples.

IV. — Ces variations nous paraissent produites par l'état d'anoxhémie transitoire dans lequel se trouvent ces sujets.

Vu :

LE DOYEN,
ROUSSY.

Vu :

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE,
Léon BINET.

Vu et permis d'imprimer :

LE RECTEUR DE L'ACADÉMIE DE PARIS,
ROUSSY.

BIBLIOGRAPHIE

- AGGAZZOTTI. — La sensibilité auditive de l'homme et la dépression barométrique. (*Arch. Ital. de Biologie*, Turin, 1904, 41 : 69, 80).
- BAGBY (E.). — The psychological effects of oxygene deprivation. (*Jour. comp. Psychol.*, 1921, 11, 97°).
- BEYNE (J.) et P. BÉHAGUE. — Contribution à l'étude des temps de réactions psychomotrices. (*Gazette des Hôpitaux*, 6-7 juin 1922, n° 44, pp. 709 à 711, 1936).
- Etude du temps de réaction chez l'homme normal. (*Compte rendu de l'Académie des Sciences*, 8 mai 1922).
- BÉHAGUE (P.) et J. BEYNE. — La méthode graphique employée à l'étude de divers processus psychophysiologiques. (*Journal Médical Français*, tome XV, N° 6, juin 1926).
- BERT (Paul). — La pression barométrique. (Masson, Paris, 1878).
- BINET (Léon). — Recherches sur le tremblement (*Thèse Médecine Paris*, 1918).
- Le mal des aviateurs et la sélection des pilotes militaires. (*Revue générale des Sciences*, 15 octobre 1917).
- Questions physiologiques d'actualité. (Masson, 1927).
- CAMUS (J.) et H. NEPPER. — Mesures des réactions psychomotrices des candidats à l'aviation. (*Paris Médical*, mars 1916).

- BERGERET, P. GIORDAN et M.-V. STRUMZA. — Travail musculaire en altitude et inhalation d'oxygène. (*Le Travail Humain*, 1937, tome V, N° 2).
- GARSAUX. — Influence de la dépression atmosphérique sur les réflexes psychomoteurs visuels et auditifs. (*Soc. Biol.*, 14 juin 1919).
- GELLHORN (E.) and SPIESMAN. — The influence of hypernea and variations of O² and CO² tension in the inspired air upon hearing. (*American Journal Physiology*, 1935, 112, 519) ; upon after images (*Ibid.*, 112, 620) ; upon visual intensity discrimination (*Ibid.*, 1936, 115, 679).
- GORALEWSKI (G.). — Zentral Nerven system und Anoxämie : I Mitteilung (*Arbeitsphysiol.*, 1935, 9 : 94) ; II Mitteilung (*Ibid.*, 1936, 9 : 392).
- HARTMAN (H.). — Die Wirkung grossen Höhen auf den Organismus vor und nach erfolgter Anpassung. (*Verhandl. d. Deutsch. ges. f. inn. Med.*, 1935, 47 : 48-54).
- Die Obere Horgrenze bei Sauerstoffmangel. (*Luftfahrt Medizin*, I band, 3 Heft 1936).
 - Physiologische ergebnisse der Deutschen Himalaya Expedition 1931. Aus « um den Kantsch » von Paul Bauer. (Munchen, 1933).
 - Experimentell Physiologischer Untersuchungen auf der Deutschen Himalaya Expedition 1931. (*Z. Biol.*, 93, S. 391, 1933).
 - Puls Frequenz und Hohenanpassung. Nach Untersuchungen auf der Deutschen Himalaya Expedition 1931, und in der unterdruckkammer zu Zurich. (*Acta Aeorophysiologica*, volume I, fascic. 3, juin 1934).
- HILL (L.). — The limit of high flying when breathing oxygen. (*Roy. Society (B)*, 1934, 115 : 298).

- JONGBLOED. — Über der psychische Verhalten während Kurz en Aufenthalts auf 5.000 meter Höhe. (*Klin. Wochensch.*, 1935, 14, 1564).
- LÆWY (A.). — Physiologie des Höhenklimas. (Springer, Berlin, 1932).
- KEYS (A.). — The physiology of life at high altitudes (The international High altitude Expedition to Chile 1935). (*Scientific Monthly*, 1936, 43, 289).
- ROSS A. MCFARLAND. — The effects of rapid Ascents by Aeroplane and Train. Psycho-Physiological Studies at High Altitude in the Andes. (*The Journal of Comparative Psychology*, February 1937).
- Sensory and Motor Responses during Acclimatization. Psycho-Physiological Studies at high altitude in the Andes. (*The Journal of Comparative Psychology*, February 1937).
- VAN WULFFTEN PALTHE P. M. — Psychische Funktionen während des Fliegens in grossen Höhen. (*Psychiatr. und Neurol.*, Bladen, 1922, N° 5).

TABLE DES MATIÈRES

Introduction	17
Historique	21
Réactions psycho-motrices. — Instrumentation. —	
Technique	23
Instrumentation et technique	26
Les réactions psycho-motrices et l'altitude	35
1° Etalonnage au sol	35
2° Mesures effectuées en Himalaya	40
3° Mesures effectuées à l'Observatoire Vallot	43
Les réactions psycho-motrices et la pression baré-	
métrique	49
Les réactions psycho-motrices et la tension de l'oxy-	
gène dans l'air inspiré	55
A) Expériences en caisson	55
B) Expérience en atmosphère composé pauvre en	
oxygène	60
Considérations. — Interprétations	66
Conclusions	73
Bibliographie	75



IMPRIMERIE SPECIALE
DE LA LIBRAIRIE
LOUIS ARNETTE



